



## Deposição de Gotas por Pulverizações Terrestre e Aérea na Cultura do Algodoeiro

José Ednilson Miranda<sup>1</sup>

Paulo Cesar Bettini<sup>2</sup>

Luiz Carlos Albuquerque Gusmão<sup>3</sup>

A grande maioria das aplicações de produtos fitossanitários é feita por meio de pulverizações, ou seja, pela geração de partículas líquidas; a divisão do líquido em pequenas gotas ocorre nas pontas de pulverização (CUNHA; TEIXEIRA, 2003).

A adoção de critérios técnicos bem definidos para a pulverização de pesticidas é fundamental para evitar insucessos no controle de pragas e doenças, desperdícios significativos de produtos e mão-de-obra e redução na produtividade. Em função do espectro de ação, da toxicidade e da fitotoxicidade, os produtos fitossanitários devem ser recomendados e aplicados adequadamente, obedecendo-se à época, à dose, à frequência de aplicações, ao período de carência e ao manejo seguro dos mesmos (KIMATI et al., 1997).

Em pulverizações aéreas, os volumes de calda utilizados são divididos em classes: ultra-baixo volume (até 5 L.ha<sup>-1</sup>), baixo volume (entre 5 e 30 L.ha<sup>-1</sup>), médio volume (30 a 50 L.ha<sup>-1</sup>) e alto volume (acima de 50 L/ha). As pulverizações a baixo volume (BV) e ultra-baixo volume (UBV) devem gerar gotas finas para serem eficientes. A principal vantagem dos pulverizadores de baixo volume é o alto rendimento operacional propiciado, devido ao menor

volume de água como veículo, o que reduz a necessidade de reabastecimentos. Na pulverização UBV, há a completa eliminação da água como veículo, sendo o produto aplicado na forma concentrada. No entanto, há um maior risco para o operário na manipulação e na pulverização dos pesticidas concentrados. Além disso, o número de pesticidas recomendados para aplicação UBV, até o presente, é limitado (MATUO, 1999).

## Resultados e Discussão

Os bicos de pulverização são considerados os componentes mais importantes dos equipamentos aplicadores, por determinarem as características da pulverização emitida (CUNHA; TEIXEIRA, 2003). Os bicos tipo leque plano são utilizados, quando se recomenda a operação entre 280 e 420 KPa de pressão, possibilitando a geração de gotas médias e finas capazes de penetrar na cultura do algodoeiro, em pulverizações tanto terrestres como aéreas. Bicos rotativos também são usados em aplicação UBV e BV e capazes de propiciar maior uniformidade de gotas (MATTEWS, 1992).

<sup>1</sup>Eng. Agrôn., D.Sc., da Embrapa Algodão. Rod. BR 153, km 04, 74001-970, Goiânia, GO. E-mail: miranda@cnpa.embrapa.br

<sup>2</sup>Eng. Agrôn., MSc., Técnico da Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.

<sup>3</sup>Técnico da Argus Aviação Agrícola Ltda.

Para se obterem pulverização e distribuição adequadas do produto na planta, é preciso determinarem-se corretamente fatores como diâmetro mediano das gotas, uniformidade, densidade de gotas e qualidade da cobertura de pulverização (MATUO et al, 1989; OZMERI; CILINGIR, 1992). Uma aplicação eficiente requer cobertura adequada da superfície-alvo, com gotas de tamanho e número apropriados, condições que afetam seu movimento e sua deposição no alvo (FAROOQ et al., 2001; TOSCANO et al., 2002). O presente estudo visou avaliar o comportamento da pulverização de alto, baixo e ultra-baixo volume de calda, em pulverizações de plantas de algodão por vias aérea e terrestre.

O trabalho foi realizado em área de produção de algodão da Fazenda Santa Maria do Mirante, Turvelândia, GO, de propriedade de Haroldo Rodrigues da Cunha. O algodão foi semeado em novembro de 2005. A adubação foi realizada com base nos resultados da análise de solo. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, sendo os tratamentos dispostos em arranjo fatorial (3 x 3), com três tipos de pulverização (terrestre, aérea UBV e aérea UV) e três posições na planta (posições do papel coletor na planta) com quatro repetições. Para avaliação da eficiência do atingimento do alvo pelas pulverizações foram quantificadas as gotas coletadas (número de gotas/cm<sup>2</sup>) e a cobertura de pulverização (expressa em porcentagem de cobertura) em três posições diferentes da planta. A parcela experimental correspondeu a 1800 m<sup>2</sup>. Nos tratamentos com aplicação aérea, foram aplicadas três faixas de 18 metros, abrangendo, assim, 54 metros de largura e 300 metros de comprimento, através de aeronave equipada com bicos rotativos, trabalhando a 35° de ângulo das pás. A pulverização via terrestre foi efetuada em área definida de 21 metros de largura e 1.000 metros de comprimento, através de autopropelido com bicos do tipo leque plano duplo, espaçados a 0,35 metros entre si, trabalhando a pressão de 420 KPa. As linhas foram espaçadas em 90 cm entre si, com 8-10 plantas por metro linear.

A pulverização foi avaliada sob dois aspectos. O primeiro, verificou a quantidade de deposição de gotas na planta, e o segundo, a porcentagem de cobertura sobre folhas de algodão. Ambos os dados

foram obtidos por meio de coletores artificiais, tipo papéis sensíveis, localizados em posições distintas da planta e analisados por meio de programa computacional Sprinkle®. A amostragem foi realizada em 6 plantas com aproximadamente 1,50 metros de altura, selecionadas entre as de melhor enfolhamento, marcadas ao longo da barra do sistema de pulverização, 3 plantas de cada lado do sistema de pulverização, considerando-se cada conjunto de 6 plantas ao longo da barra como uma repetição, espaçadas entre si em 10 metros.

O número de gotas sobre o alvo foi avaliado aplicando-se os procedimentos PROC GLM, PROC SORT E PROC MEANS do pacote estatístico SAS (SAS System). A análise de variância dos dados apresentou distribuição não homogênea, razão pela qual os dados foram transformados por arc sen raiz (x/100) (BANZATO; KRONKA, 1989) e submetidos, novamente, à análise de variância através dos procedimentos ANOVA (SAS System), sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey (p < 0,05).

O número de gotas que atingiu diferentes posições do algodoeiro não ocasionou interações entre os tratamentos e a posição na planta, porém houve efeito dos tratamentos, denotando ser a aplicação via terrestre superior à aplicação aérea UBV ou BV, os quais não diferiram entre si (Tabela 1). A maior eficiência no depósitos de gotas do sistema terrestre em relação ao aéreo ocorreu nas três posições da planta.

**Tabela 1.** Número de gotas aplicadas por equipamentos aéreo e terrestre e coletadas por papéis hidrossensíveis localizados em diferentes posições da planta de algodoeiro. Turvelândia, GO, 2005/2006.

Tratamento	Vazão	Número de gotas.cm <sup>-2</sup> coletadas		
		Terço superior	Terço mediano	Terço inferior
Aéreo UBV	5 L.ha <sup>-1</sup>	52,51 aB	62,61 aB	50,84 aB
Aéreo BV	10 L.ha <sup>-1</sup>	77,05 aB	69,02 aB	71,13 aB
Terrestre	150 L.ha <sup>-1</sup>	162,15 aA	148,73 aA	154,85 aA
C.V. %		40,09		

Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na aplicação de agrotóxicos por via líquida, o número de gotas está diretamente relacionado à penetração do produto, à uniformidade de distribuição e à efetividade de deposição. Para a aplicação de fungicidas, recomendam-se 70 a 100 gotas.cm<sup>-2</sup>; para a de inseticidas, entre 50 e 70 gotas.cm<sup>-2</sup>, e para a de herbicidas, 20 a 30 gotas.cm<sup>-2</sup> (ALONSO, 1998; BARTHELEMY, 1990; CRISTOFOLETTI, 1997). As suspensões em volumes entre 5 e 10 L.ha<sup>-1</sup> aplicadas por via aérea (UBV e UV) apresentaram número de gotas variando entre 50 e 77 gotas.cm<sup>-2</sup>, valores que, embora inferiores aos verificados na aplicação via terrestre, promoveram deposição eficiente de inseticidas no alvo. Para o controle de doenças, o número de impactos por unidade de superfície proporcionados pela pulverização aérea a baixo volume enquadrou-se dentro da faixa ideal, enquanto na pulverização a ultra baixo volume esse número não atingiu essa faixa. As três modalidades de aplicação mostraram-se adequadas para o controle químico de ervas daninhas.

A análise dos resultados referente à cobertura de gotas mostrou aplicação relativamente regular nas três posições do alvo pelo sistema aéreo e terrestre. O coeficiente de variação de 22,3% é considerado adequado para esse tipo de operação (SUQUISAWA et al., 2007), que equivale a dizer que a cobertura do alvo foi homogênea. Pulverização terrestre com vazão de 150 L.ha<sup>-1</sup> resultou em melhor e maior cobertura que aplicações aéreas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Cobertura do alvo por gotas aplicadas por equipamentos aéreo e terrestre e coletadas por papéis sensíveis localizados em diferentes posições da planta de algodoeiro. Turvelândia-GO, 2005/2006.

Tratamento	Vazão	Cobertura (% do alvo)		
		Terço superior	Terço mediano	Terço inferior
Aéreo UBV	5 L.ha <sup>-1</sup>	0,05 aB	0,04 aB	0,03 aB
Aéreo BV	10 L.ha <sup>-1</sup>	0,19 aB	0,08 aB	0,06 aB
Terrestre	150 L.ha <sup>-1</sup>	12,71 aA	4,00 bA	3,02 bA
C.V. %		22,34		

Dados transformados em arc sen raiz (x/100). Médias seguidas por uma mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A porcentagem de cobertura resultante do tratamento efetuado via terrestre sobre o terço superior da planta foi significativamente maior que os observados nos tratamentos com aplicação aérea, independentemente da posição, influenciada pela maior retenção de gotas (Tabela 1) e pela maior exposição do alvo. Coletas efetuadas nos terços mediano e inferior, posições de maior dificuldade de penetração da gota pulverizada, apresentaram valores semelhantes entre si, porém resultaram em menor cobertura em relação ao terço superior da planta.

Nas aplicações aéreas, a porcentagem de cobertura atingiu de forma homogênea todas as partes das plantas amostradas. Nesta modalidade de pulverização são produzidas maior número de gotas com tamanhos menores que na pulverização terrestre, o que favorece a efetividade da penetração e deposição do produto (ALONSO, 1998). Entretanto, os valores comparativos entre os sistemas demonstraram que aplicações aéreas BV e UBV propiciaram menor capacidade de cobertura nos alvos, quando comparadas ao sistema terrestre de pulverização.

Velocidade do vento em torno de 2,5 a 6 km/h é condição primordial para a pulverização de produtos fitossanitários (ANDEF, 2004; FAO, 2001). A essa velocidade, o vento pode ser considerado um aliado para os defensivos agrícolas, pois revolve as folhas das plantas, facilitando a penetração das gotas e melhorando o efeito biológico no controle químico, não sendo suficientemente forte para carregar as gotas médias (300 micra) por deriva (MATUO et al., 2002). Com base nos registros das condições climáticas durante o presente estudo, rajadas de ventos com velocidade entre 2,5 e 2,9 km/h não comprometeram a queda das gotas, sendo fator facilitador de deposição de calda, principalmente no caso de aplicações via aérea UBV (Tabela 3). De acordo com Cristofolletti (1992) e ANDEF (2004), umidade mínima de 55% e temperatura máxima de 32 °C são condições climáticas favoráveis para a deposição de gotas em pulverização. Os dados de temperatura entre 29,4 e 32,0°C e umidade relativa entre 55 e 64% permaneceram, portanto, dentro dos limites aceitáveis.

**Tabela 3.** Condições climáticas em momentos de pulverizações realizadas na cultura do algodoeiro através de sistemas aéreo e terrestre, atingindo diferentes posições da planta. Turvelândia-GO, 2005/2006.

Tratamento	Vazão	Horário de aplicação	Umidade Relativa do Ar (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (km/h)
Aéreo UBV	5 L.ha <sup>-1</sup>	16:50 h	59,0	32,0	2,5
Aéreo BV	10 L.ha <sup>-1</sup>	17:12 h	64,0	29,4	2,7
Terrestre	150 L.ha <sup>-1</sup>	12:07 h	55,0	31,6	2,9
Média			59,7	31,0	2,7

## Conclusões

Os resultados confirmam a maior eficiência na cobertura e deposição de gotas pelo sistema terrestre em relação ao sistema aéreo de pulverização.

Sob condições climáticas adequadas, a pulverização aérea (UV e UBV) pode ser utilizada como alternativa para o controle de insetos, uma vez que consegue depositar a quantidade requerida de gotas por superfície para este tipo de alvo, embora propicie menor porcentagem de cobertura que a aplicação terrestre. Para o controle de doenças, o número de gotas geradas no sistema aéreo UBV está abaixo da faixa ótima de deposição, enquanto que a pulverização aérea BV propiciou deposição adequada de gotas. Para a aplicação de herbicidas, as três modalidades de aplicação se adequaram aos limites recomendados de deposição.

## Referências bibliográficas

- ALONSO, A. dos S. Equipamentos e tecnologia de aplicação de defensivos. In.: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. do C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília, D.F.: Embrapa - SPI, 1998. p. 296-317.
- ANDEF - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA FITOSSANITÁRIA. **Manual de tecnologia de aplicação**. Campinas: Linea Creativa, 2004. 96 p.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal : Ed. FUNEP, 1989. 247 p.
- BARTHELEMY, P. **Choisir les outils de pulverisations**. Paris: Institut Technique des Céréales et des Fourrages - ITCF, 1990. 160 p
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Considerações sobre tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Diadema: [s.n.], 1997. 12 p. Apostila técnica da Spraying Systems do Brasil Ltda
- CHRISTOFOLETTI, J. C. **Manual Shell de máquinas e técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. São Paulo: Shell, 1992. 124 p.
- CUNHA, J. P. R.; TEIXEIRA, M. M. Escolha de bico para pulverização. **Cultivar Máquinas**, n.18, p. 15-19, 2003.
- FAROOQ, M; BALACHANDAR, R.; WULFSOHN, D.; WOLF, T. M. Agriculture sprays in cross-flow and drift. **Journal of Agricultural Engineering Research**., v. 78, n. 4, p. 347-358, 2001.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Guias sobre requisitos mínimos para equipos de aplicación de plaguicidas agrícolas**. Parte tres: nebulizadores portátiles (cargos por el operário). Roma, 2001. 28 p.
- KIMATI, H.; FERNANDES, N. G.; SOAVE, J.; KUROZAWA, C.; BRIGNANI NETO, F.; BETTIOL, W. **Guia de fungicidas agrícolas**. 2. ed. Jaboticabal: Grupo Paulista de Fitopatologia, v. 1, 1997. 224 p.
- MATTEWS, G. A. **Pesticide application methods**. 2. ed. London: Longman, 1992, 405 p.
- MATUO, T. **Tecnologia de aplicação de defensivos**. Jaboticabal: FUNEP, 1999. 120 p.
- MATUO, T.; NAKAMURA, S. H.; ALMEIDA, A. Efeito de alguns adjuvantes da pulverização nas propriedades físicas do líquido. **Summa Phytopathologica**, v. 15, p. 163-173, 1989.
- MATUO, T.; PIO, L. C.; RAMOS, H. H. Módulo 2 - tecnologia de aplicação dos agroquímicos e equipamentos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSINO SUPERIOR. **Curso de especialização por tutoria à distância - Curso de proteção de plantas**, Brasília: ABEAS, 2002. 91p.
- OZMERI, A.; CILINGIR, I. Use of colorimetric technique in determining surface coverage in

spraying. **Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America**, v. 23, n. 1, p. 37-38, 1992.

SUQUISAWA, J. M.; FRANCO, F. N.; SILVA, S. S.; FILHO, A. P. Qualidade de aplicação de herbicida em lavoura de trigo. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.41-47, 2007.

TOSCANO, L. C.; MIRANDA, J. E.; FERNANDES, M. G.; BONACIN, G. A. Capacidade de retenção de líquidos aplicados a alto volume em diferentes culturas agrícolas. **Revista de Agricultura**, v. 77, n. 1, p. 129-138. 2002.

**Comunicado  
Técnico, 350**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
Embrapa Algodão  
Rua Osvaldo Cruz, 1143 Centenário, CP 174  
58428-095 Campina Grande, PB  
Fone: (83) 3315 4300 Fax: (83) 3315 4367  
e-mail: sac@cnpa.embrapa.br  
1ª Edição  
Tiragem: 500

**Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento**

**Comitê de  
Publicações**

Presidente: Carlos Alberto Domingues da Silva  
Secretário Executivo: Valter Freire de Castro  
Membros: Fábio Aquino de Albuquerque  
Giovani Greigh de Brito  
João Luiz da Silva Filho  
Maira Milani  
João Luiz da Silva Filho  
Maria da Conceição Santana Carvalho  
Nair Helena Castro Arriel  
Valdinei Sofiatti  
Wirton Macedo Coutinho

**Expedientes:** Supervisor Editorial: Valter Freire de Castro

Revisão de Texto:

Tratamento das ilustrações: Geraldo F. de S. Filho

Editoração Eletrônica: Geraldo F. de S. Filho